

# 「アイスコアから何が分かるか？アジア高山域の今まで掘られたアイスコアについて」

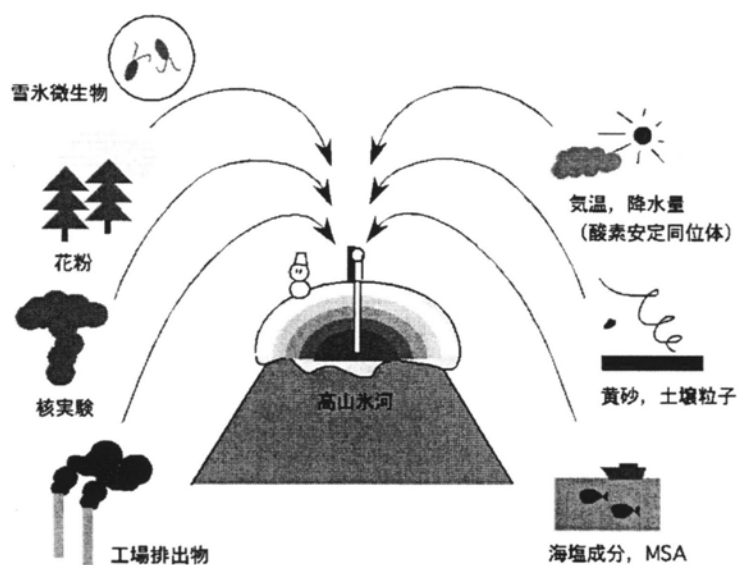
竹内望（総合地球環境学研究所）

## 1. アイスコアからわかること：過去環境変動

氷河の中に閉じ込められた情報

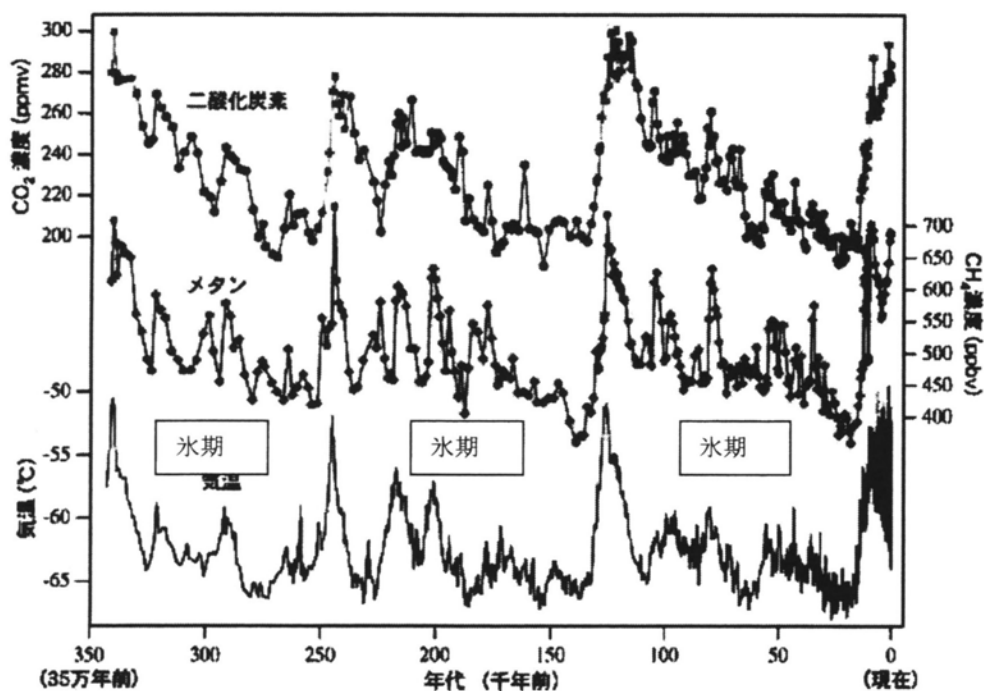
- 気温（酸素同位体）
- 降水量（質量収支）
- 大気成分（CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>）

- ダストイベント
- 工業排出物
- 海洋生物活性
- 植生



極域のおもなアイスコア

	掘削年	深さ	最深年代
南極 (Vostok)	1990-98	3,623 m	420,000 年
南極 (Dome Fuji)	1995-96	2,500	350,000
グリーンランド (GRIP)	1989-93	3,028	200,000



南極ドームフジで1996年に掘削された約2500mのアイスコアから復元された過去環境変動

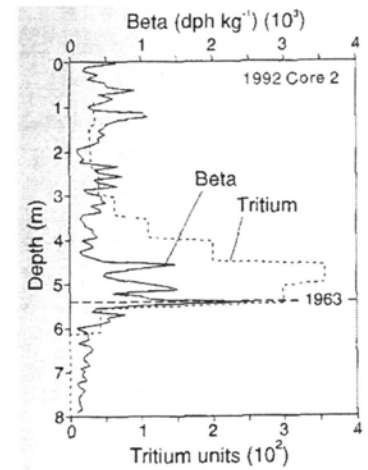
アイスコア分析内容一覧

	指標	環境情報	オアシス
安定同位体	酸素同位体 (水) $\delta^{18}\text{O}$	気温 (気温が高いほど水が重くなる)	○
	水素同位体 (水) $\delta\text{D}$	気温	○
放射性同位体	トリチウム	核実験 (年代決定, 1963 年)	
	$^{36}\text{Cl}$ , $^{10}\text{Be}$	大気中での宇宙線による放射活性 (年代決定)	
粒子	粒子数, 重量, 径分布	ダストイベント (黄砂), 気候の乾燥度	○
気体成分	二酸化炭素	大気中濃度	
	メタン	大気中濃度	
層位	透明度, 汚れ層		○
結晶構造	結晶粒径	氷温, 不純物	
	C 軸	圧密過程 (年代決定), 強度, 氷河の流動力学,	
	ハイドレート	圧密過程	
化学成分	電気伝導度 EC	溶存イオン量	○
	pH	降水酸性度 (酸性雨)	○
	Na, Cl	海洋, 湖	○
	Ca, Mg, K	土壌	○
	SO <sub>3</sub>	工業排出物, 土壌, 海洋, 火山	○
	NO <sub>3</sub>	工業排出物, 土壌, 成層圏	○
	PO <sub>4</sub>	土壌	○
	NH <sub>3</sub>	土壌, 森林火災	○
	MSA	海洋植物プランクトン活性 (DMS)	○
	CH <sub>3</sub> COOH, COOH	森林火災	○
生物	花粉	森林限界位置, 植生, 乾燥度	○
	バクテリア, ウィルス	過去の病原体	
	藻類, 微生物	氷河上生物活動	○
年層		降水量	○

## 2. アイスコアの年代決定

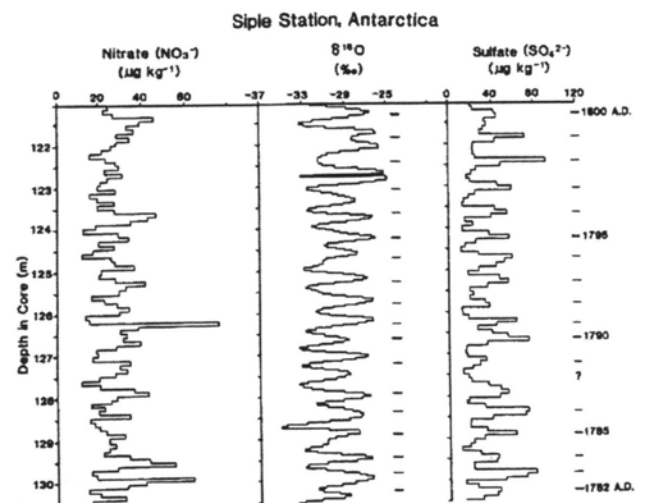
### ① 年代マーカーを使う。

核実験（トリチウム）1963 年に地上核実験の回数がピークになり，大気中に放射性物質が放出され氷河に蓄積されている。が行われ，火山噴火（硫酸濃度，ダスト），放射性同位体

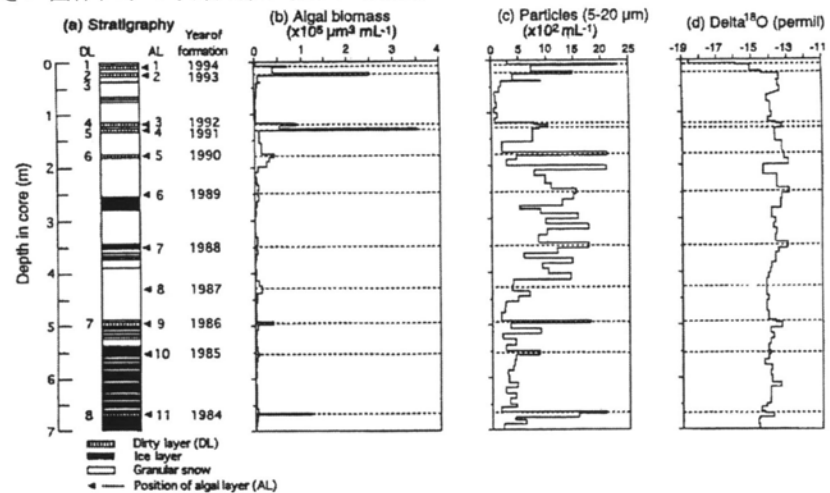


### ② 季節周期のある化学成分などを使う。

融解の激しいコアでは使えない：融解水が浸透することによってシグナルが乱される



### ③ 浸透水の影響を受けにくい粒径の大きい固体粒子の季節周期を使う。（藻類）

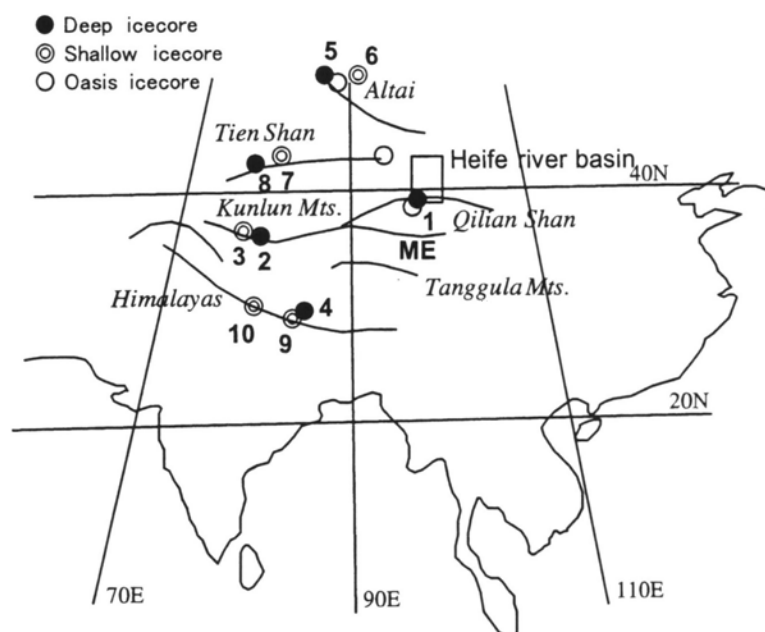


### ④ 涵養量（降雪量），雪の圧密，氷河の流動のモデル計算

毎年降る雪の量，雪から氷へ変化する時の密度（厚さ）の変化，氷河の下流への流動量などを見積もって，計算で深さに対する年代をもとめる。

# アジア高山域のアイスコア

	氷河名	場所	調査グループ	掘削年	深さ m	年代
1	Dunde	祁連山, 中国	Thompson, USA-China	1987	139.8	40,000
2	Guliya	西コンロン, 中国	Thompson, USA-China	1992	308.6	500,000
3	Chongce	西コンロン, 中国	Nakawo, Japan-China	1992	50	1,000
4	Dasuopu	ヒマラヤ, 中国	Thompson, USA-China	1997	159.9	560
5	Belukha	アルタイ, ロシア	Olivier, Swiss-Russia	2001	140	
			Japan-USA-Russia	2001	20	
6	Sofiyskiy	アルタイ, ロシア	Fujii, Japan-Russia	2001	25	
7	Grigoriev	西天山, キルギス	Thompson, USA-Russia	1990	20	50
8	Pobeda-Khan	西天山, キルギス	Aizen, USA-Russia	1992	30	50
			Aizen, USA-Russia	2000	160	250
9	Yala	ヒマラヤ, ネパール	Watanabe, Japan-Nepal	1981	60	70
10	Rhikhasamba	ヒマラヤ, ネパール	Fujita, Japan-Nepal	1998	20	

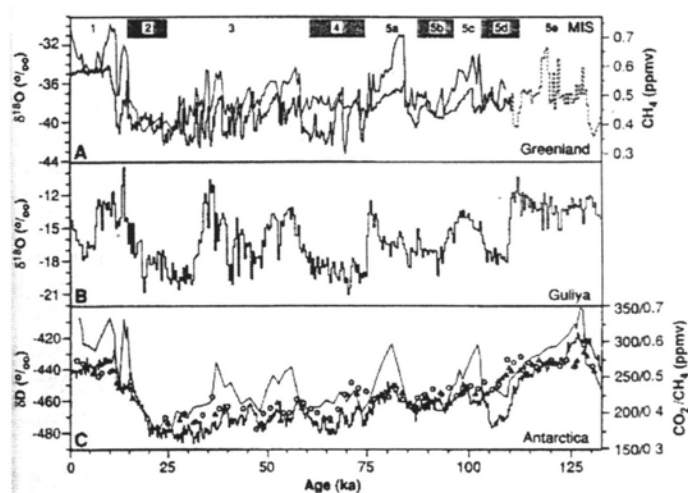


極域と比較して、

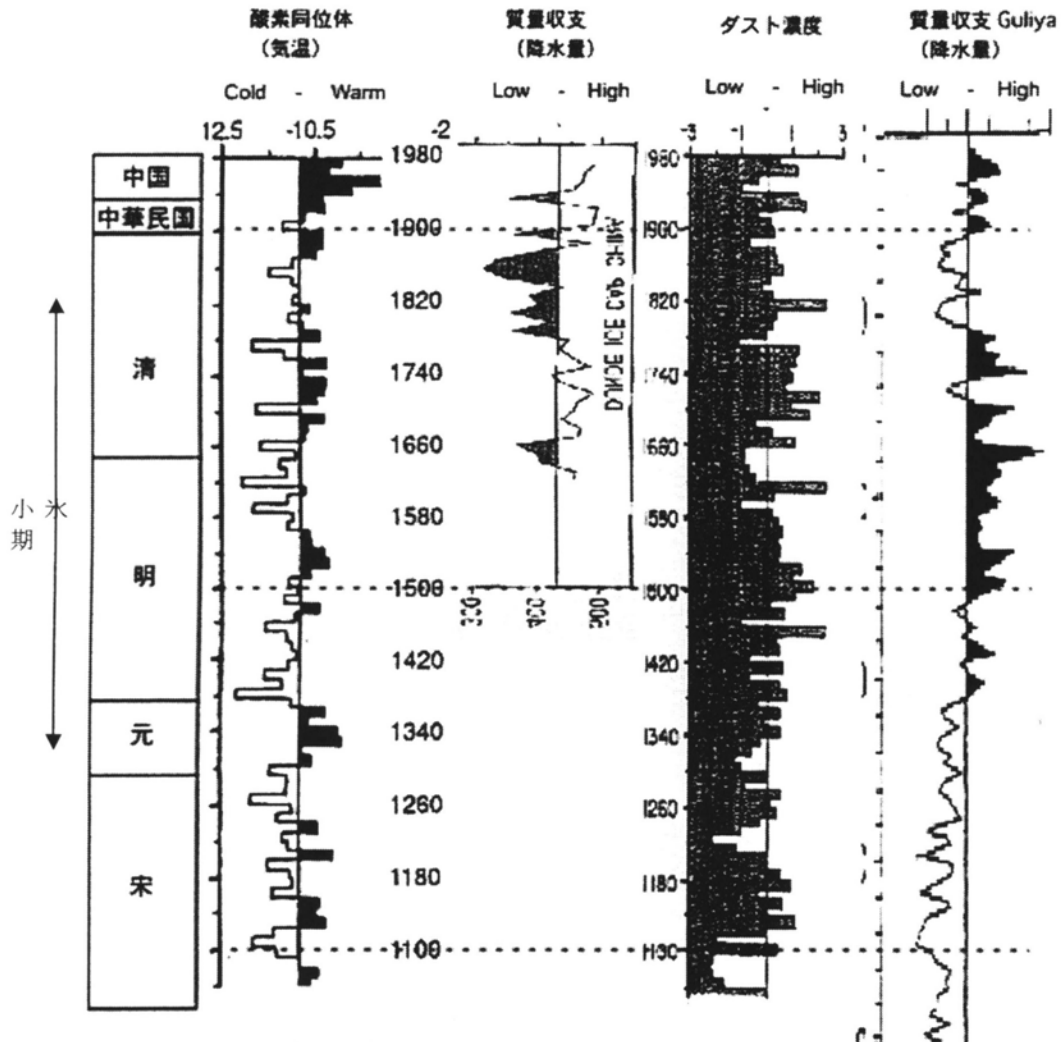
気温：最近 100 年の温暖化が低緯度地域の方が顕著。

降水量：地域差が激しいが、エルニーニョなどの影響をうけての広域の傾向がある？

氷期—間氷期サイクルは、低緯度でも極域同様に存在。



# Dunde ice cap 分析結果 (過去 1000 年)



- 最近の 100 年 (20 世紀) は、気温の上昇が顕著.
- 気温が高いときには、降水量が多い傾向.
- 西暦 1300-1400 年に気温の低下 (元朝)
- 気温—ダスト濃度の関係はあまりない.  
(南極では小氷期にダスト濃度が高い)

## Dunde 花粉分析結果

花粉総量：夏の降水に正の相関

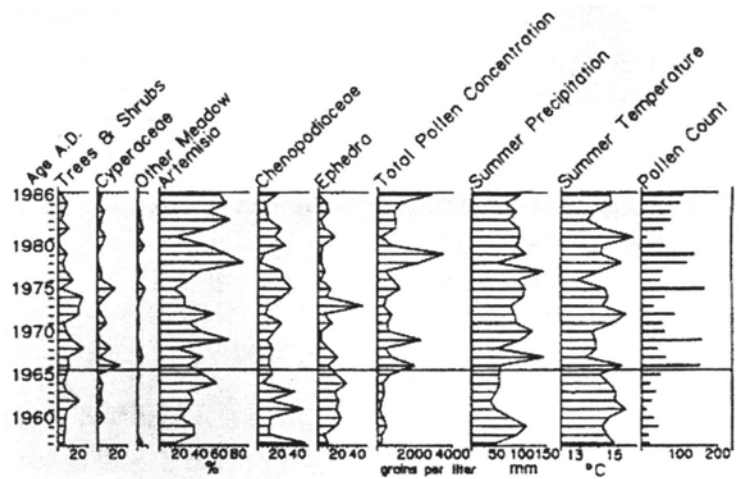
夏の気温に負の相関

= 湿度、砂漠植生密度の指標

西暦 500-1200：高濃度 (低温湿潤)

西暦 1200-1370：低濃度 (高温乾燥)

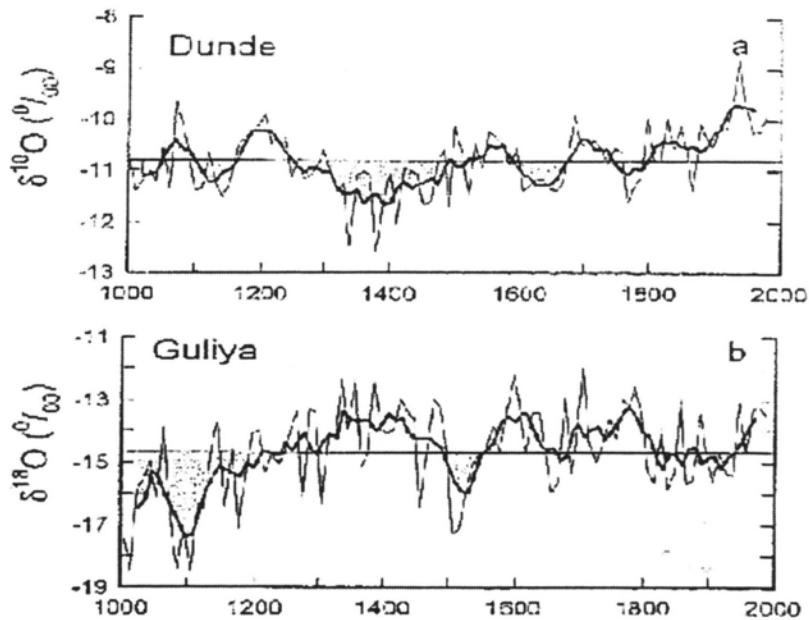
西暦 1660-1910：高濃度 (低温湿潤)



## チベット高原東西比較 (Dunde-Guliya 比較)

酸素同位体 (気温) : アンチフェイズ

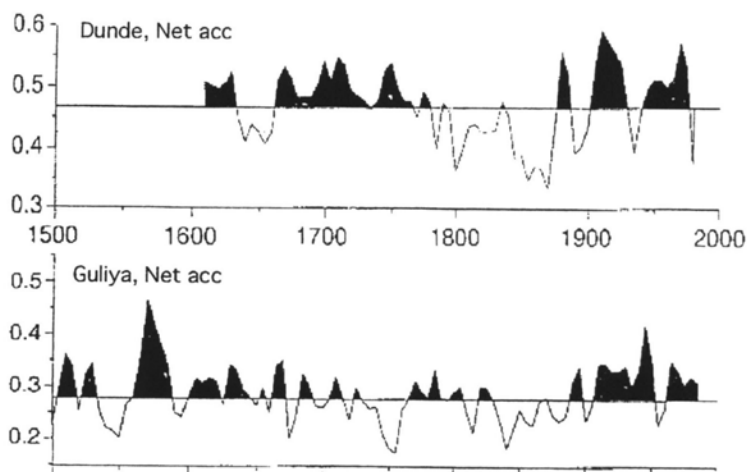
チベット高原の東 (Dunde, 祁連山) と西 (Guliya, 西コンロン) では, 気温の高低のパターンが逆になっている. (東が暑いときは, 西が寒い)



質量収支 (降水量) : 両地方とも約 200 年周期で同期

祁連山の降水量は, ペルーアンデスの質量収支 (降水量) と同期している.

(祁連山で雨が多い時には, 南米ペルーでも多い. エルニーニョを介したチベット-南米の気候の同期 (テレコネクション))



## 降水量パターンの地域区分

アイスコアはあくまでも地図上の一点のデータに過ぎない. このデータが地域のどの程度代表している値なのかは, 注意が必要.

降水量の観測データの解析から, 中国乾燥域の降水量変動には5つのパターンに分類でき, それぞれ右の地図のように分布している.

→アイスコアデータの点から面への拡大.

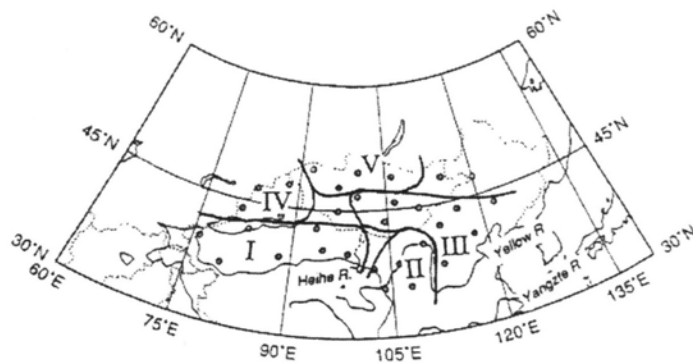


図 4 回転主成分分析によって得られた地域区分. (Yatagai and Yasunari, 1995)  
Fig. 4 The five dominant areas deduced from rotated empirical orthogonal function (REOF) analysis.